

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09133930  
PUBLICATION DATE : 20-05-97

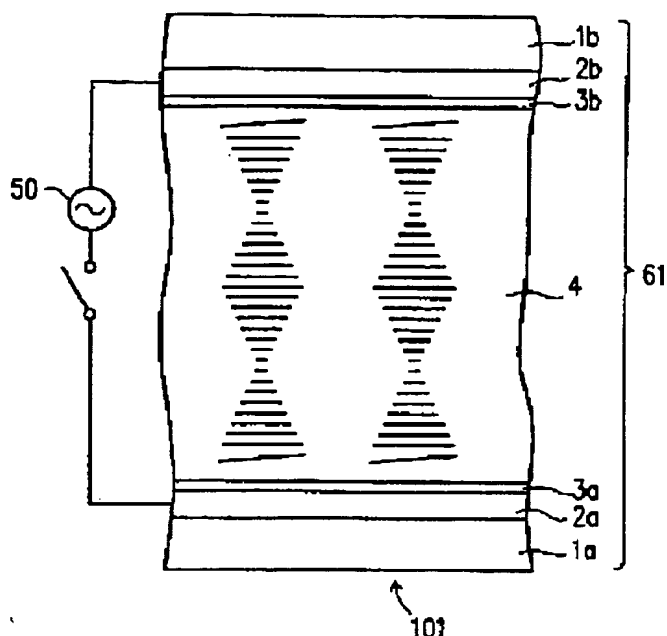
APPLICATION DATE : 05-09-96  
APPLICATION NUMBER : 08235672

APPLICANT : SHARP CORP;

INVENTOR : KIMURA TADASHI;

INT.CL. : G02F 1/137

TITLE : LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a liquid crystal display element having the good efficiency of utilizing bright light even with the same impressed voltage by specifying the range of the twist angle of a chiral nematic liquid crystal layer.

**SOLUTION:** This liquid crystal display element has a liquid crystal cell 61 having a pair of substrates 1a, 1b at least one of which have transparency, the chiral nematic liquid crystal layer 4 which is held between a pair of these substrates 1a and 1b and has positive dielectric anisotropy and a voltage impressing means for impressing voltage on this liquid crystal layer 4. Multicolor dyes are added to the chiral nematic liquid crystal layer 4. Even more, the liquid crystal molecules of the chiral nematic liquid crystal layer 4 are twisted around the spiral axis perpendicular to the surfaces of a pair of the substrates 1a, 1b. The twist angle of the liquid crystal molecules from one to the other of a pair of the substrates 1a, 1b exists within the range of any among a range of  $\geq 0$  to  $\leq 50^\circ$ , a range of  $\geq 140$  to  $\leq 250^\circ$  and a range where integer times the  $\pi$  radian is added to the helix angles in the ranges described above.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-133930

(43)公開日 平成9年(1997)5月20日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/137

識別記号

5 0 0

庁内整理番号

F I

G 0 2 F 1/137

技術表示箇所

5 0 0

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平8-235672

(22)出願日 平成8年(1996)9月5日

(31)優先権主張番号 特願平7-228365

(32)優先日 平7(1995)9月5日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 伊藤 康尚

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 木村 直史

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

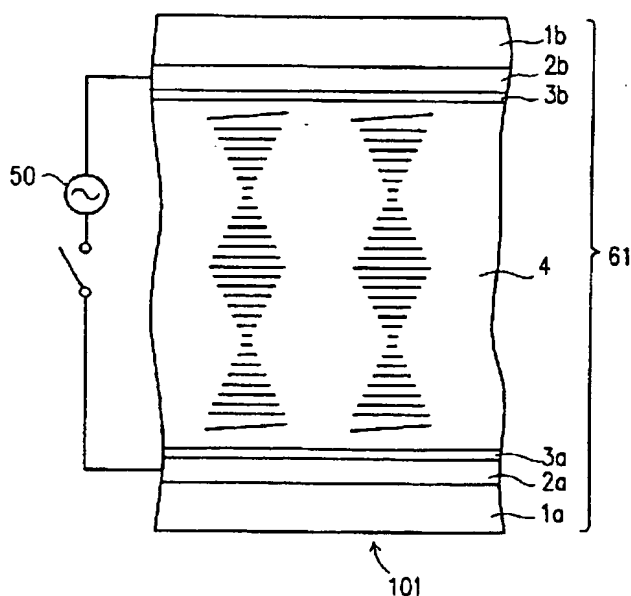
(74)代理人 弁理士 山本 秀策

(54)【発明の名称】 液晶表示素子

(57)【要約】

【課題】 液晶分子の配向を上下の基板でねじった構造のGH方式の液晶表示素子は、コントラストを良くするためにねじれ角を大きくすると、液晶層の駆動に要する電圧が高くなり、また、透過率の印加電圧依存性にヒステリシスが生じる。

【解決手段】 少なくとも一方が透光性を有する一対の基板と、一対の基板に挟持された正の誘電率異方性を有するカイラルネマティック液晶層と、液晶層に電圧を印加する電圧印加手段とを有する液晶セルを備えた液晶表示素子であって、液晶層には多色性染料が添加されており、しかも、液晶層の液晶分子は、一対の基板の表面に対して垂直な螺旋軸を中心にねじれており、一対の基板の一方から他方に至る液晶分子のねじれ角が、0度以上50度以下の範囲、140度以上250度以下の範囲、および該範囲のねじれ角に $\pi$ ラジアン of 整数倍を加えた範囲の何れかの範囲内にある液晶表示素子である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一方が透光性を有する一対の基板と、該一対の基板に挟持された正の誘電率異方性を有するカイラルネマティック液晶層と、該液晶層に電圧を印加する電圧印加手段とを有する液晶セルを備えた液晶表示素子であって、  
該液晶層には多色性染料が添加されており、  
該液晶層の液晶分子は、該一対の基板の表面に対して垂直な螺旋軸を中心にねじれており、該一対の基板の一方から他方に至る該液晶分子のねじれ角が、0度以上50度以下の範囲、140度以上250度以下の範囲、および該範囲のねじれ角に $\pi$ ラジアン $\times$ 整数倍を加えた範囲の何れかの範囲内にある液晶表示素子。

【請求項2】 前記液晶層を透過してきた光を反射する光反射板を前記液晶セルの外部に備えている請求項1に記載の液晶表示素子。

【請求項3】 前記電圧印加手段は、前記一対の基板のうちの透光性を有する基板と前記液晶層との間に設けられた透光性電極と、該一対の基板のうちの他方と該液晶層との間に設けられた反射電極とを備えている請求項1に記載の液晶表示素子。

【請求項4】 前記液晶セルは、マトリクス状に配列された複数の表示画素を有しており、前記電圧印加手段は、前記液晶層に対して各表示画素毎に電圧を印加するための複数の能動素子を含んでいる請求項1から3のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項5】 前記カイラルネマティック液晶層の液晶分子のプレチルト角が1度以上20度以下である請求項1から4のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項6】 前記カイラルネマティック液晶層の前記液晶分子の前記ねじれ角がおおよそ240度である請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記一対の基板間距離 $d$ と、前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料の自発ピッチ $p$ との比 $d/p$ の値が、おおよそ0.42以上0.91以下である請求項6に記載の液晶表示装置。

【請求項8】 前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料の複屈折率 $\Delta n$ が0.1以下である請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項9】 前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料のスプレイの弾性定数 $k_{11}$ がおおよそ10ピコニュートン以下である請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項10】 前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料のバンドとスプレイとの弾性定数の比 $k_{33}/k_{11}$ がおおよそ1.27以下である請求項1に記載の液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示素子、特

に明るい表示を実現する液晶表示素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】液晶表示素子は、外部光を変調する非発光素子であるため低消費電力であり、また、薄型軽量であるという特徴を有する。このため、フラットパネルディスプレイに適用できて、時計、電卓、コンピュータ端末、ワードプロセッサあるいはテレビ受像機用等の情報表示装置として広い分野にわたり利用されている。

【0003】一方、現代は高度情報化社会というキーワードに代表されるように、情報の流通量が増大し、各個人における情報の収集や選択に対する要求が増大している。このような背景において、個人用の携帯用情報端末の必要性が広く認識され、その実現が期待されており、積極的に開発が進められている。

【0004】携帯用情報端末においては、マン・マシンインターフェースとしての情報表示装置が重要な役割を担い、携帯用情報端末のキーデバイスとして位置付けられている。携帯用情報端末の表示装置には、大容量の情報が表示でき、軽量薄型で、視認性に優れ、低消費電力という特性が要求される。液晶表示素子は、前述の要求される特性を満足する表示素子として期待され、その開発が積極的に進められている。

【0005】液晶を用いて表示を行う場合に種々の方式が用いられるが、代表的な方式としてTN(Twisted Nematic)方式があげられる。この方式は、2枚の基板間に液晶を配し、一方の基板からもう一方の基板まで液晶分子の配向を90度ねじった構成の液晶セルを用いる。このように液晶分子を配向した場合、光学的には旋光性を示し、電圧等により分子配向を変化させると旋光性が解消される。そのため、光の透過量に変化し、光強度を変調でき、表示が行える。

【0006】TN方式は低電圧、低消費電力であり、コントラストがよく、階調表示が可能であるため各種動作モードの内でも最も広く液晶ディスプレイに用いられている。

【0007】上記TN方式は前述したように数多くの優れた特徴を有しているが、閾特性があまり急峻でない。そのため、それだけでは大容量の表示に適さず、薄膜トランジスタ(TFT)等の能動素子と組み合わせられて用いられるのが一般的である。

【0008】これに対し、液晶分子のねじれ角を90度よりも大きくしたいいわゆるSTN方式が提案された。この方式は、光学的な旋光性と複屈折を用いるもので、閾特性が急峻なため、マルチプレックス駆動に適し、それだけでも大容量表示が行える。この表示方式では、旋光性と複屈折効果を利用しているために白黒の表示が行えなかったが、光学的位相補償を行うことにより無彩色化が達成され、ワードプロセッサや携帯型のコンピュータの表示装置として多く利用されている。

【0009】さらに、強誘電性液晶を用い、その複屈折効果を利用した方式も提案されている。この方式の特徴は、応答速度が非常に速いことと、メモリー性を有することである。

【0010】さらに、ポリマーマトリックス中に液晶を分散させ、ポリマーと液晶の屈折率の不一致による散乱効果を利用した表示方式も提案されている。この方式は偏光子を用いなくても表示が行えるため、明るいディスプレイが実現できる事や、視野角が広いという特徴を有している。

【0011】その他に、液晶中に多色性の色素を混入し、液晶分子の配向を変化させることにより色素分子を配向変化させ、色素分子の吸収異方性を利用して表示を行うゲスト・ホスト（GH）方式がある。

【0012】ゲスト・ホスト方式には液晶の分子配向状態や、組み合わせる光学素子により種々の表示方式が提案されている（Mol. Cryst. Liq. Cryst. 63巻19ページ、1981年）。

【0013】液晶分子をホモジニアス配向させ、偏光板を使用するハイルマイヤー型（Appl. Phys. Lett. 13巻91ページ、1968年）は、コントラストが良く、中間調表示も可能であるという特徴を有する。

【0014】また、ホモジニアス配向させた液晶層に1/4波長板を組み合わせる反射型の表示に適用することで、偏光板を用いることなくコントラストの良い表示を実現した方式もある（SID Symposium Digest 96ページ、1977年）。この方式は偏光板を用いないため、明るい表示が得られ、中間調表示も可能であるという特徴を有する。

【0015】さらに、ホモジニアス配向させたGH液晶セルを、2枚のセルの液晶分子の配向方向が直交するように積層して表示を行う方式も提案されている（SID Symposium Digest 192ページ、1980年）。この方式は偏光板を用いないため明るい表示を実現でき、コントラストも良く中間調表示も可能であるという特徴を有する。

【0016】そのほかに、カイラルネマティック液晶に二色性色素を混入し、この液晶層を表面が垂直配向処理された2枚の基板間に導入し、ネマティックコレステリック相転移に伴う色素の吸収を利用して表示を行う相転移型GH方式が提案されている（J. Appl. Phys. 45巻4718ページ、1974年）。この方式は、偏光板を用いないため明るい表示が得られるという特徴を有する。

【0017】ゲスト・ホスト方式は、何れの方式も視野角が広いという特徴を有している。また、1/4波長板を用いたGH方式、2層型GH方式、相転移型GH方式は偏光板を用いなくても表示が行えるため明るいディスプレイが実現できる。

【0018】また、基板表面で液晶分子を平行配向させ、一方の基板からもう一方の基板まで、液晶分子がねじれた配向を有するようにしたGH方式（特開昭59-28130号公報）が提案されている。この方式は、明るい表示が実現でき、さらに単純マトリクス駆動による大容量表示が実現できるという特徴を有している。

【0019】上記の公開公報によれば、さらに、光学的には、液晶分子の屈折率異方性が小さい場合（開示内容では $\Delta n \leq 0.15$ ）は、色素分子による光の吸収が大きいため、装置を偏光板無しで用いて、より明るいオン状態を形成することが望ましい。液晶分子の屈折率異方性が大きい場合（開示内容では $\Delta n \geq 0.15$ ）は、単一の偏光板を用いてオフ状態における吸収を増大させるのが良いとされている。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の液晶表示素子は、以下に示すような問題を有している。

【0021】偏光板を用いるTN方式またはSTN方式は、外部光の半分が吸収され光の利用効率が悪くなり、明るい表示が実現できなかった。

【0022】また、TN方式においては、大容量表示を行うために各画素ごとに能動素子を形成する必要があり、これらが光を遮るため、さらに光の利用効率が悪化するという問題があった。

【0023】さらに、コントラストを向上させる目的で、表示画素以外の部分にはブラックマトリクスと呼ばれる遮光層が設けられる。これが光の利用効率を悪化させている。

【0024】そのうえ、能動素子を付加したTN方式の大容量表示装置においては、隣接する画素間の横方向電界によって、ディスクリネーションが生じ、コントラストが低下するという問題がある。この問題を解決するために、遮光層を用いてディスクリネーション部分をおおい、コントラストを良くするという技術が用いられている。この遮光層も、光の利用効率を悪化させる要因となっていた。

【0025】以上のような種々の原因により、TFTを使用した、現在一般に用いられている大容量表示のディスプレイは、明るい表示を得るためにバックライト等の外部光源を必要とする。この構成によって、見易い表示が得られる反面、液晶の消費電力以上にバックライトの消費電力が大きくなったり、液晶ディスプレイの厚さ以上にバックライトおよびその光学系部分が厚くなるという問題を生じることとなった。

【0026】これでは、液晶ディスプレイが本来有する薄型軽量、低消費電力という優れた特徴が十分に発揮されていない。

【0027】強誘電性液晶の複屈折効果を利用した表示方式は、偏光子を2枚用いるため表示が暗くなること

や、強誘電性液晶の均一な分子配向が困難であるという問題を有する。

【0028】ポリマーマトリックス中に液晶を分散させ、ポリマーと液晶の屈折率の不一致による散乱効果を利用した表示方式は、偏光子を用いないため明るい表示が得られるが、駆動電圧が高い、十分な散乱が得られないためコントラストが良くないという問題を有している。

【0029】ホモジニアス配向させたGH液晶に偏光子を組み合わせた方式は、偏光板を用いるため十分な明るさが得られないという問題を有している。偏光板が用いられる理由は、色素分子の吸収軸に平行な偏光は吸収されるが、吸収軸に垂直な偏光はほとんど吸収されないため、電圧無印加時に十分な吸収が得られず、コントラストが十分得られないためである。

【0030】さらに、ホモジニアス配向させたGH液晶に1/4波長板を組み合わせ、反射型の表示に適用した方式は、偏光子を用いないため明るい表示が実現できるが、1/4波長板が1/4波長条件を満たすのは特定の波長のみであるため白黒表示に適さないという問題を有している。

【0031】ホモジニアス配向させたGH液晶セルを、2枚のセルの液晶分子の配向方向が直行するように積層して表示を行う方式は、偏光子を用いないため明るい表示が得られ、中間調表示も可能であるという特徴を有するが、2枚の液晶セルを同時に駆動する必要があり製造も困難であるという問題を有している。

【0032】これに対し、液晶分子の配向を上下の基板間でねじった構造のGH方式は、光の偏光面の回転が液晶分子の配向変化に追従できないため、偏光子を用いなくても、電圧無印加時に十分な光吸収が得られる。そのためコントラストは比較的良くなる。一般に、このねじれ角を大きくすればするほど、コントラストは良くなる。しかし、このとき液晶層の駆動に要する電圧が高くなり、また、透過率の印加電圧依存性にヒステリシスが生じるため、中間調表示をできないという問題がある。

【0033】このGHセルを用いた表示素子は、特開昭59-28130号公報に開示されているように、液晶分子のねじれ角が $\pi$ ラジアンから $2\pi$ ラジアン未満の範囲で実現された。透過率の印加電圧依存性がヒステリシスを生じないGHセルは、液晶分子のプレチルト角を大きくすることで達成されている。また、 $2\pi$ ラジアン以下のねじれ角でも、角度によっては電圧印加時の透過率が低くなってしまい、十分な明るさが得られないという問題がある。さらに、上記の公開公報には、オン状態でのねじれ角と明るさとの関係に関する記述は全く見られない。

【0034】本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、薄型軽量であり低消費電力で明るい液晶表示素子を提供することであり、そのための光の利用効率の良

い新規な液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0035】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示素子は、少なくとも一方が透光性を有する一対の基板と、該一対の基板に挟持された正の誘電率異方性を有するカイラルネマティック液晶層と、該液晶層に電圧を印加する電圧印加手段とを有する液晶セルを備えた液晶表示素子であって、該液晶層には多色性染料が添加されており、しかも、該液晶層の液晶分子は、該一対の基板の表面に対して垂直な螺旋軸を中心にねじれており、該一対の基板の一方から他方に至る該液晶分子のねじれ角が、0度以上50度以下の範囲、140度以上250度以下の範囲、および該範囲のねじれ角に $\pi$ ラジアン整数倍を加えた範囲の何れかの範囲内にある液晶表示素子であり、そのことにより上記目的が達成される。

【0036】ある実施の形態では、前記液晶層を透過してきた光を反射する光反射板を前記液晶セルの外部に備えている。

【0037】他の実施の形態によれば、前記電圧印加手段は、前記一対の基板のうちの透光性を有する基板と前記液晶層との間に設けられた透光性電極と、該一対の基板のうちの他方と該液晶層との間に設けられた反射電極とを備えている。

【0038】さらに他の実施の形態では、前記液晶セルは、マトリクス状に配列された複数の表示画素を有しており、前記電圧印加手段は、前記液晶層に対して各表示画素毎に電圧を印加するための複数の能動素子を含んでいる。

【0039】さらに他の実施の形態では、前記カイラルネマティック液晶層の液晶分子のプレチルト角が1度以上20度以下である。

【0040】さらに他の実施の形態では、前記カイラルネマティック液晶層の前記液晶分子の前記ねじれ角がおよそ240度である。

【0041】さらに他の実施の形態では、前記一対の基板間距離 $d$ と、前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料の自発ピッチ $p$ との比 $d/p$ の値が、およそ0.42以上0.91以下である。

【0042】さらに他の実施の形態では、前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料の複屈折率 $\Delta n$ が0.1以下である。

【0043】さらに他の実施の形態では、前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料のスプレイトの弾性定数 $k_{11}$ がおよそ10ピコニュートン以下である。

【0044】さらに他の実施の形態では、前記カイラルネマティック液晶層に含まれる液晶材料のバンドとスプレイトの弾性定数の比 $k_{33}/k_{11}$ がおよそ1.27以下である。

【0045】以下作用について説明する。

【0046】本発明においては、多色性染料の吸収異方

性を効果的に利用することによって低消費電力で光の利用効率を向上させ、明るく視野角の広い液晶表示素子を実現する。

【0047】液晶分子の配向を上下の基板でねじった構造のGH方式においては、光は、その偏光面を回転させながら液晶層を通過する。その際に、多色性分子による光の吸収が生じる。このことにより偏光板を用いなくても、電圧無印加時に十分な光吸収が得られる。

【0048】本発明者らは、ねじれ角と明るさについて詳細な検討を行った。その結果、オン状態の明るさに対して、前記公報の開示内容のねじれ角の範囲が必ずしも最良でなく、オン状態の明るさは、ねじれ角に大きく依存することがわかった。さらに、発明者らが検討したねじれ角の中でも最も明るく、ヒステリシスを生じない、最適なねじれ角が存在する事を見いだした。

【0049】図9には液晶の電圧印加時の光の反射率のねじれ角依存性を示す。印加電圧は全てのねじれ角において一定にした。図9に示されるように、ねじれ角を変化させることにより電圧印加時の反射率が変動する事がわかる。このうち、ねじれ角が約0度と約180度付近に反射率が最も高くなる領域が存在し、この領域のねじれ角でGH液晶を作製すれば最も明るい表示が得られることがわかった。

【0050】電圧印加時には、液晶層のバルク分子がほとんど立ち上がり、これに伴い色素分子も立ち上がるため、バルクのGH液晶がほとんど吸収に寄与せず、基板界面のGH液晶分子のみが吸収に寄与する。すなわち、上下基板界面の分子の配向が平行に近いほど、電圧印加時には吸収が小さくなり、明るい表示が得られる。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0052】(第1の実施の形態)図1は本発明の第1の実施の形態における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【0053】図1に示すように、液晶表示素子は、所定の間隔で配された透明基板1aおよび1bを有する。透明基板1a上には透明電極2aが設けられ、さらに液晶分子の配向方向を制御するための配向膜3aが設けられている。同様に、透明基板1bには透明電極2bが設けられ、さらに液晶分子の配向方向を制御するための配向膜3bが設けられている。これら配向膜3aおよび3b間には、多色性染料とカイラル剤とを混入した液晶層4が設けられ、GH液晶セル61が形成されている。なお、液晶層4は、正の誘電率異方性を有する液晶層である。液晶層4は、多色性染料による可視光の吸収を有し、さらにカイラル剤が添加されているため自発的なねじれ構造も有している。

【0054】透明電極2aおよび2bには、液晶分子の配向状態を変化させるための変調制御手段50を接続

し、透明電極2aおよび2bに印加される電圧で液晶分子の配向状態を制御し、光強度を変調制御する。以上のように、ねじれ配向させたGH液晶セル61と、変調制御手段50とを組み合わせることにより、透過光強度を変調できる光学素子としての液晶表示素子101が構成される。

【0055】ここで、上記構成を有する液晶表示素子101の製造方法の一例を説明する。透明基板1aおよび1bとして、厚みが1.1mmの7059ガラス基板(コーニンググラスワークス社製)を使用した。ガラス基板1aおよび1b上に、ITO膜をスパッタリングによってそれぞれ形成し、透明電極2aおよび2bを設ける。

【0056】透明電極2aおよび2b上に、スピンコートにより、ポリイミドRN-1024(日産化学社製)膜を均一に形成し、配向膜3aおよび3bを作製する。配向膜3aおよび3bには、焼成後ラビングを施す。なお、ラビング方向は、上下の基板間で240度ねじれた液晶分子の配向を実現するように設定する。

【0057】その後、一方の透明基板の配向膜上に、液晶層4の厚さを一定に保つために、直径5 $\mu$ mのグラスファイバースペースャー(日本電気硝子社製)(図示せず)を散布し、液晶封止層(図示せず)として直径5.3 $\mu$ mのグラスファイバースペースャーを混入した接着性シール材をスクリーン印刷する。その後、透明基板1aおよび1bの配向膜側を張り合わせる。真空注入法によって2枚の基板間に液晶を注入し、GH液晶セル61を作製する。

【0058】本実施の形態の場合、液晶層の厚さ(セル厚)を5 $\mu$ mに設定したが、特にこの値に制限するものではなく、十分な可視光の吸収が得られ、印加電圧に対する実用的な応答速度が得られる厚さであれば良く、通常は1~20 $\mu$ m程度が良い。

【0059】図11は、液晶分子の配向が240度ねじれたGH液晶セルのコントラストの $\Delta n$ 依存性を示している( $\Delta n$ は液晶の屈折率異方性である)。図11に示すように、GH液晶セルのコントラストは $\Delta n$ に大きく依存する。特に、 $\Delta n$ が0.1を越えるとコントラストが急激に悪くなることがわかる。これは、液晶の $\Delta n$ が大きくなると旋光性が大きくなり、その結果、電圧無印加時の吸収が小さくなり十分なオフ状態の黒表示が得られないからである。従って、この図より、 $\Delta n$ は、0.1以下が好ましい。

【0060】また、電圧印加時に均一な液晶の分子配向を得るために、液晶分子を基板表面からわずかに傾斜させる必要がある。液晶分子の配向方向と基板表面とがなす角度、いわゆるプレチルト角は、およそ1度以上20度以下が望ましい。しかし、実験的には、プレチルト角が5度以上のとき、液晶表示素子のコントラストが良くなることが確認されたため、本実施の形態では、プレチ

ルト角を約5度に設定した。プレチルト角はラビングの条件によって制御され得る。

【0061】GH液晶材料を、以下のようにして調製する。用いた液晶はZLI-4792（メルク社製）であり、このホスト液晶に、アゾ系およびアントラキノンの黒色の多色性染料を数wt%混入する。さらに、液晶に自発的なねじれを与えるために、光学活性物質のS-811（メルク社製）を数wt%混入し、セル厚dとピッチpとの比 $d/p$ がほぼ0.55になるように調整した。

【0062】 $d/p$ の値は特に上記の値に限られることはなく、例えば本実施の形態の場合は0.42以上0.91以下であれば良い。

【0063】また、液晶材料の弾性定数が、本実施の形態の液晶表示素子の光学特性におよぼす影響を評価した。具体的には、拡張ジョーンズマトリクス法に基づいた計算を行い、弾性定数をパラメータとして印加電圧と透過率との関係を求めた。ただし、ジョーンズマトリクス法は偏光光学系しか扱えないため、自然光の反射率を、ねじれた液晶中の2つの固有モードである右円偏光と左円偏光とに分けて計算し、それぞれの反射率の平均値を求めることで本実施の形態のGH液晶の光学特性を評価した。その結果、図12に示すように、同じオン状態の電圧を印加する場合、スプレイの弾性定数 $k_{11}$ の絶対値が小さいほど透過率が高く、明るい表示が得られることがわかった。そのため、一定の印加電圧でより明るい表示を得ようとすれば、 $k_{11}$ の値は小さい程良い。具体的には、 $k_{11}$ の値は、10ピコニュートン（pN）以下が望ましい。さらに、図13に示すように、同じオン状態の電圧を印加する時、ベンドとスプレイとの弾性定数の比 $k_{33}/k_{11}$ の値が小さいほど透過率が高く、明るい表示が得られることがわかる。そのため、一定の印加電圧でより明るい表示を得ようとすれば、 $k_{33}/k_{11}$ の値は小さい程良い。具体的には、その比の値は1.27以下が望ましい。

【0064】図10は、上記と同様の作成手順によって、液晶分子のねじれ角を180度および90度にした場合の反射率の印加電圧依存性を示したものである（図9に示すように、180度は電圧印加時の反射率が高いねじれ角であり、90度は電圧印加時の反射率が低いねじれ角である）。図10より、本実施の形態で作製した液晶表示素子は、電圧印加時の反射率が高く、非常に明るい表示が実現できることがわかる。

【0065】本実施の形態では、ねじれ角を240度に設定した。実際に表示を行う際は、本実施の形態の場合、図9を参照すると、反射率が約50%以上の範囲で明るくコントラストの良い表示を得た（反射率が50%という数値は、通常の新聞と同程度の反射率であり、非常に見やすい表示が得られる）。これに対応するねじれ角の範囲は、0度以上50度以下、および140度以上

250度以下となる。したがって、好ましいねじれ角は、0度以上50度以下、および140度以上250度以下である。また、反射率の極大値は、原理的に $\pi$ ラジアン周期で現れるため、上記のねじれ角の範囲に $\pi$ ラジアンの整数倍を加えたねじれ角も好ましい。

【0066】上記の実施の形態のGH液晶表示素子において、液晶分子のプレチルト角をおよそ1度以上20度以下の範囲にする理由について説明する。液晶表示素子において、液晶分子のプレチルト角は、表示特性に大きな影響を与えるパラメータである。基板間で液晶分子が捻れた配向を有するGH液晶表示素子で階調表示を実現する場合、ねじれ角やプレチルト角によっては、反射率の印加電圧依存性に履歴（ヒステリシス）が生じたり、ドメインが発生してしまい、階調表示ができない。プレチルト角とねじれ角とが履歴特性にどのような影響を与えるかを検討するため、一例として、メルク社製の液晶ZLI-4792において、液晶分子の基板間におけるねじれ角を240度、液晶材料の自発ピッチpとセル厚dとの比（ $d/p$ ）を0.5としたときの、容量の印加電圧依存性を、プレチルト角をパラメータとして計算した結果を図14に示す。なお、この計算では、3つの弾性定数 $k_{11}$ 、 $k_{22}$ および $k_{33}$ をそれぞれ、13.2、6.5、および18.3ピコニュートンに設定し、誘電率 $\epsilon_{\parallel}$ および $\epsilon_{\perp}$ をそれぞれ、8.3および3.1に設定した。ここでは、容量の印加電圧依存性を示したが、この特性に履歴が生じると、反射率の印加電圧依存性においても履歴が生じることになる。図14より、プレチルト角が大きくなるほどしきい特性が急峻になり、低電圧で液晶分子が立ち上がり、容量が増加することがわかる。この例では、プレチルト角が20度になると、履歴が生じており、GH液晶セルにしたときに階調表示ができなくなる。この結果より、履歴のない表示を実現しようとすれば、プレチルト角は20度以下であれば良い。また、上記の結果より、プレチルト角が小さいほど階調表示に適するが、プレチルト角が小さすぎると、閾値近傍の電圧を印加したときに、ストライプドメインと呼ばれる配向不良が生じ、良好な表示ができなくなる。このストライプドメインを無くすためには、 $d/p$ の値を小さくするか、誘電率異方性の大きい液晶を用いるか、液晶分子の基板間におけるねじれ角を小さくすると効果がある。 $d/p$ に関しても、同じねじれ角においては、 $d/p$ の値が小さいほど効果があるが、値が小さすぎると、180度小さいねじれ角で安定してしまう。たとえば、ねじれ角が240度の場合、 $d/p$ の値が0.42より小さくなると60度ねじれた配向が安定になってしまう。また、 $d/p$ の値が、0.91より大きくなると420度ねじれた配向が安定になってしまう。そのため、 $d/p$ の範囲としては0.42以上0.91以下が240度ねじれを実現できる範囲である。しかしながらこの範囲内においても、 $d/p$ の値が大きすぎると、上述のようにストラ



イブドメインと呼ばれる配向不良が生じるため、上限は実験的に決められている。ピッチ $p$ が一定の場合は、液晶セルのセル厚 $d$ のマージンが大きくなるため $d/p$ の許容される範囲は広いほうが好ましい。

【0067】上述のZLI-4792においては、実用的な $d/p$ の範囲が得られるプレチルト角は5度以上必要であった。また、プレチルト角が小さすぎると電圧印加時にリバースチルトが発生し、リバースチルトによってディスクリネーションが生じるため、表示の均一性が損なわれる。このためプレチルト角は1度以上が望ましい。上記をまとめると、プレチルト角は小さい方が履歴のない表示に好ましいが、小さすぎるとストライプドメインが生じやすくなり、許容される $d/p$ の範囲が狭くなる。このため、実際の液晶表示素子の製造に適さなくなる。以上のことより、プレチルト角の範囲としてはおよそ1度以上20度以下が望ましく、およそ5度以上であればさらに良いといえる。

【0068】大きなプレチルト角を実現する配向膜を形成する場合、一般にはSiOを蒸着材料として用いる斜方蒸着法が用いられる。しかしながら、この方法は、大面積に適用できないという問題点や、製造プロセスが複雑になるという問題点を有するため、実際の製造には適さない。また、ポリイミド膜のラビングによって大きなプレチルト角を実現する場合、ラビング条件に対してプレチルト角が非常に敏感であるため、大面積にわたり均一なプレチルト角を実現することは困難である。これに対して5～10度程度のプレチルト角は現在のプロセスで安定して実現できるため、製造の容易さという観点からも上記のプレチルト角の範囲（およそ1度以上20度以下）が好ましい。

【0069】次に、プレチルト角が光学特性におよぼす影響について詳細に検討した。240度ねじれた構造のGH反射型液晶表示素子においては、プレチルト角が大きいほど、電圧印加時に基板表面層の多色性染料による吸収が小さくなるため、明るい表示が得られる。図15(a)には、電圧印加時の反射率のプレチルト角依存性を示す。図15(a)より、プレチルト角が大きいほど電圧印加時の明るさが良くなることがわかる。同様に図15(b)には電圧無印加時の反射率のプレチルト角依存性を示す。電圧無印加時には、プレチルト角が大きくなると、基板表面の液晶分子が大きく立ち上がっているため、多色性染料による吸収が十分行われず、十分な黒表示が行えなくなる。これを模式的に図16に示す。図16(a)および図16(b)は、液晶分子の基板表面に対する角度のセル厚方向の分布を示したものである。グラフの縦軸は、液晶分子の基板表面に対する角度（以下チルト角）である。グラフの横軸は基板間における位置を示す。このグラフでは、2つの基板間の距離を1に規格化して表示している。横軸の0および1に対応するチルト角は、プレチルト角である。液晶分子が立ち上が

るほど多色性染料による吸収は小さくなるため、図中で斜線で示した部分30aの面積が、定性的に光の吸収に比例すると考えることができる。図16(a)にはプレチルト角5度の場合、図16(b)にはプレチルト角40度の場合をそれぞれ示す。図16(a)より、プレチルト角が5度の場合の方が部分30aの面積が大きく、十分黒表示が行えることがわかる。

【0070】図17にはGH液晶のオーダーパラメータSをパラメータとして、GH液晶セルのコントラストのプレチルト角依存性を示す。図17より、オーダーパラメータSが0.8の場合、コントラストはプレチルト角が10度の場合に最大となり、それよりプレチルト角が大きくなっても小さくなってもコントラストは悪くなっているのがわかる。また、GH液晶のオーダーパラメータによらず、コントラストはプレチルト角が10度程度で最大になることがわかる。図16および図17の結果より、プレチルト角はおよそ1度以上20度以下が望ましいといえる。

【0071】（第2の実施の形態）図2は、本発明による他の液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【0072】図2に示すように、液晶表示素子は、所定の間隔で配された透明基板1aおよび1bを有している。透明基板1aには透明電極2aが設けられ、さらに液晶分子を配向させるための配向膜3aが設けられている。同様に、透明基板1bには透明電極2bが設けられ、さらに液晶分子を配向させるための配向膜3bが設けられている。これら配向膜3aおよび3bの間には多色性染料とカイラル剤を混入した液晶層4が設けられ、液晶セル62が形成される。なお、液晶層4は、正の誘電率異方性を有する液晶層である。液晶層4は、多色性染料による光吸収を行い、さらにカイラル剤が添加されているため、自発的なねじれ構造も有している。

【0073】さらに、基板1aの、液晶層とは反対の表面に、光反射層として反射板51が取り付けられている。透明電極2aおよび2bに、液晶分子の配向状態を変化させるための変調制御手段50が接続されている。変調制御手段50は、透明電極2aおよび2bに表示電圧を印加することにより液晶分子の配向状態を制御し、光強度を変調制御する。以上のように、ねじれ配向させたGH液晶セル62と、反射板51と、変調制御手段50とを組み合わせることにより、反射光強度を変調できる光学素子としての反射型液晶表示素子102を構成する。

【0074】上記表示素子102のGH液晶セル62は、第1の実施の形態と同様な手法によって作製される。さらに、接着層52を介して反射板51をGH液晶セル62に組み合わせることで上記表示素子102を実現する。反射板51は、表面に凹凸を形成した基板の凹凸面側に、アルミや銀のような反射率が高い金属の薄膜を形成することで作製される。なお、基板表面の凹凸

は、周知のサンドブラスト法やポリッシング法によって形成され、金属の薄膜は、真空蒸着やスパッタ等の手法によって形成される。

【0075】本実施の形態の構成によれば、外部光を効率よく利用して明るい表示が得られる低消費電力の反射型液晶表示素子を実現できる。

【0076】(第3の実施の形態)図3は、本発明によるさらに他の液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【0077】図3に示すように、液晶表示素子は、所定の間隔で配された透明基板1bおよび支持基板1aを有する。透明基板1bの一方の表面には、透明電極2b、および液晶分子を配向させるための配向膜3bがこの順序で設けられている。支持基板1aの一方の表面には、光反射電極5a、および液晶分子を配向させるための配向膜3cがこの順序で設けられている。これら配向膜3bおよび3c間に、多色性染料とカイラル剤とを混入した液晶層4が設けられ、液晶セル63が形成される。なお、液晶層4は、正の誘電率異方性を有する液晶層である。液晶層4は、多色性染料による光吸収を行い、さらにカイラル剤が添加されているために自発的なねじれ構造も有している。透明電極2bおよび反射電極5aには、液晶分子の配向状態を変化させるための変調制御手段50が接続されている。変調制御手段50は、透明電極2bおよび反射電極5aの間に表示電圧を印加することで、液晶分子の配向状態を制御し、光強度を変調制御する。以上のように、ねじれ配向させたGH液晶セル63と、変調制御手段50とを組み合わせることにより、透過光強度を変調できる光学素子としての液晶表示素子を構成する。

【0078】上記素子は、光反射電極5aを除けば第1の実施の形態と同様の手法によって作製される。

【0079】図5(a)～(f)を参照して光反射電極5aの作製方法を説明する。まず、図5(a)に示すように、基板1aの一方の表面上にスパッタリング法によってITO膜2aを形成した後、膜2aをフォトリソグラフィ工程によって所望の形状に加工する。その後、基板1a上に、OFPR800(東京応化製)をスピコートにより所望の厚さ(0.5～1.0[μm])だけ塗布することで、絶縁層を兼ねた感光性樹脂層6を形成する。感光性樹脂層6を、図6に示すような、遮光部分201を複数有するマスク200を用いて露光現像し、そのことによって、図5(b)に示すような凹凸形状を有する層7を形成する。このようにして形成した凸部7aを200℃で加熱処理をすることで、図5(c)に示すような丸みを帯びた形状に加工する。以上のようにして形成された凹凸層7上に、再度同一、もしくは異なる感光性樹脂層8をスピコートにより塗布し、それによって、図5(d)に示すように表面の起伏を滑らかにした後、凹凸の形成された感光性樹脂層8を画素電極と同じ形状になるようにフォトリソグラフィにより

加工する(図5(e))。このとき同時に、感光性樹脂層の一部に、下地電極まで貫通するコンタクトホール10(図5(f))を形成する。このようにして画素電極の形状にパターンニングされた感光性樹脂層8上に、図5(f)に示すように、金属反射膜9としてのアルミニウム薄膜をスパッタリング法によって形成する。このとき、下地電極と金属反射膜9とはコンタクトホールを通して電気的に接続されるので、金属反射膜9は反射電極となる。

【0080】以上のようにして形成した反射電極9を、所定の表示画素パターンに加工処理し、それによって、光反射層付きの画素電極5aを形成する。さらに、反射電極9の全面に配向膜を形成して光反射層付きの基板を完成する。

【0081】以上の手順によって作製された光反射層は、図3ではまとめて反射電極5aとして表記している。

【0082】本実施の形態では、絶縁層を兼ねた感光性樹脂層8に形成したコンタクトホール10を介して、信号電極であるITO膜2aと金属反射膜9とを接続している。あるいは該金属反射膜9を反射膜兼信号電極として使用して、感光性樹脂層7の下部の信号電極としてのITO膜2aの形成を省略することもできる。さらに、パターンニングによって、金属反射膜を除去する部分の感光性樹脂層6を残してもよい。

【0083】また、本実施の形態では金属反射膜としてアルミニウムを用いたが、可視光領域で均一な反射特性を有しかつ高い反射率を持つ金属であれば、特にこれに限定せず、例えば銀などを使用してもよい。

【0084】本実施の形態の構成によれば、液晶セル内に反射層を設けるために、視差による影響がない明るく高品質な液晶表示装置を実現できる。

【0085】(第4の実施の形態)図4は、本発明によるさらに他の液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【0086】図4に示すように、液晶表示素子は、所定の間隔で配された透明基板1bおよび支持基板1aを有する。透明基板1bの一方の表面には、透明電極2b、および液晶分子を配向させるための配向膜3bがこの順序で設けられている。支持基板1aの一方の表面には、透明電極2aおよび能動素子としての複数の薄膜ダイオード12が設けられ、さらに、それらの上に液晶分子を配向させるための配向膜3aが設けられている。

【0087】これら配向膜3aおよび3b間に、多色性染料とカイラル剤とを混入した液晶層4が設けられ、液晶セル64が形成される。なお、液晶層4は、正の誘電率異方性を有する液晶層である。液晶層4は、多色性染料による光吸収を行い、さらにカイラル剤が添加されているために自発的なねじれ構造も有している。液晶セル64は、マトリクス状に配置された複数の表示画素を含み、表示画素のそれぞれには、1つの能動素子12が設

けられている。

【0088】透明電極2bおよび薄膜ダイオード12には、液晶分子の配向状態を変化させるための変調制御手段50を接続する。なお、変調制御手段50は、表示画素のそれぞれに設けられた能動素子12と接続されている(図示せず)。変調制御手段50は、透明電極2bおよび薄膜ダイオード12に表示電圧を印加することで、液晶分子の配向状態を制御し、光強度を変調制御する。以上のように、ねじれ配向させたGH液晶セル64と変調制御手段50とを組み合わせることによって、透過光強度の変調が可能な光学素子としての液晶表示素子104を構成する。

【0089】上記素子104は、薄膜ダイオードを除けば第1の実施の形態と同様の手法により作製される。

【0090】ここで、能動素子として薄膜ダイオードを作製する方法を、図7(a)～(e)を参照して説明する。図7(a)に示すように、基板1aの一方の表面上に、タンタル(Ta)薄膜13aを、スパッタリング法により厚さ約3000オングストローム程度に形成する。次に、図7(b)に示すように、上記Ta薄膜13aを所望の形状となるようにフォトリソグラフィによって加工し、Ta配線13を形成する。その後、図7(c)に示すようにTa配線13の表面に陽極酸化処理を施して、約600オングストローム程度の厚さのTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>絶縁層14を形成する。さらに、図7(d)に示すように、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>絶縁層14上にチタン(Ti)膜をスパッタリング法によって成膜し、これをフォトリソグラフィ工程により所定の形状に加工して、Ti電極15を形成する。これにより、基板1a上に能動素子としての薄膜ダイオード12を形成する。さらに図7(e)に示すように、ITO膜の形成およびパターンニングによって、上記Ti電極15に接続された画素透明電極2aを形成する。

【0091】以上の方法によって、能動素子としての薄膜ダイオード12を形成する。

【0092】本実施の形態の液晶表示素子によれば、液晶セルに能動素子が設けられているので、大容量の表示が可能となる。このことにより、輝度が高く消費電力が低い情報表示端末用の液晶表示素子が実現できる。

【0093】本実施の形態では、能動素子として薄膜ダイオードを用いているが、特にこれに限定されるものではなく、薄膜トランジスタを用いても良い。

【0094】また、第3の実施の形態と同様の手法によって光反射層を形成して、液晶セル内に反射層を有する反射型液晶表示素子としても良い。図8(a)および(b)は、そのようにして作製した液晶表示素子の断面図を示す。なお、図8(a)および(b)において、凹凸層7と感光性樹脂層8とは、一括して層16として表しており、層16は、コンタクトホール16aを有している。

【0095】図8(a)に示す反射型液晶表示素子105aは、光反射画素電極5aを用いた薄膜ダイオード12を有する。このような構造にすることによって、視差が無く、表示品位に優れた反射型液晶表示素子を作製することができる。

【0096】一方、図8(b)が示す反射型液晶表示素子105bでは、光反射画素電極5bにおいて、反射膜9が反射型液晶表示素子105aにおける電極2aの機能を兼ねている。このような構成にすることで、前述の優れた特徴に加えて、製造工程を簡単にできるという特徴を有する反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0097】本実施の形態では、反射型液晶表示素子について説明したが、本発明は、透過型液晶表示素子にも適用できる。

【0098】(第5の実施の形態)図18は本発明の第5の実施の形態における液晶表示素子106の構成を示す断面図である。液晶表示素子106は所定の間隔で配された支持基板1aおよび透明基板1bとを有する。支持基板1aの表面には凹凸が形成されており、この凹凸上に表示電極を兼ねた反射板2cが設けられ、さらに液晶分子に接する配向層3aが設けられている。同様に、透明基板1b上には透明電極2bが設けられ、液晶分子に接する配向膜3bが設けられている。これら配向膜3a、3b間には多色性染料とカイラル材を混入した液晶層4'が設けられている。液晶層4'は多色性染料により光の吸収を有し、さらにカイラル材が添加されているため自発的にねじれ構造も有している。表示電極を兼ねた反射板2cと透明電極2bとは液晶分子の配向形態を変化させるための変調制御手段50が接続されており、印加される表示電圧による外場である電界で液晶分子の配向形態を制御し、光強度を変調制御する。以上により、ねじれ配向させたGH液晶セルと、変調制御手段50とを組み合わせる事により、透過光強度を変調する事ができる光学素子としての液晶表示装置106が構成される。

【0099】本実施例の形態の場合、許容されるd/pの範囲をくさびセルを用いてあらかじめ測定した。その結果、プレチルト角が1.5度の場合、d/pが0.42以上で基板間で240度ツイストとなり、d/pが0.54より大きくなるとストライプドメインが生じた。この結果より、許容されるd/pの範囲は0.42以上0.54以下となる。自発ピッチを9μmとした場合、許容されるセル厚dの範囲は3.78μm以上4.86μm以下となり、マージンはこの範囲の中心値から±0.54μmとなる。本実施の形態の場合、反射板2cを形成するために表面に凹凸を形成してあり、凹凸の段差が中心値から±0.5μm有り、前述のくさびセルによる実験結果より、セル厚dのばらつきに許容される範囲は0.04μmしかない。これはセル厚dを4.5μmとした場合にセル厚dの±1%以下の制御性が要求

され、実際の作製プロセスが非常に厳しくなり、現実的ではない。

【0100】これに対して、プレチルト角が5度の場合、同様のくさびセルによる実験の結果、 $d/p$ が0.42以上で240度ツイストとなり、 $d/p$ が0.67より大きくなるとストライプドメインが生じた。この結果より、許容される $d/p$ の範囲は0.42以上0.67以下となる。自発ピッチを $9\mu\text{m}$ とした場合、許容されるセル厚 $d$ の範囲は $3.78\mu\text{m}$ 以上 $6.03\mu\text{m}$ となり、マージンは範囲の中心値から $\pm 1.12\mu\text{m}$ となる。本実施の形態の場合、反射板2cを形成するために基板1aの表面に凹凸を形成してあり、凹凸の段差が、凹凸の中心値から $\pm 0.5\mu\text{m}$ 有るので、前述のくさびセルによる実験結果より、セル厚のばらつきに許容される範囲は $\pm 0.62\mu\text{m}$ となる。これはセル厚 $d$ が $4.5\mu\text{m}$ とした場合にセル厚 $d$ の $\pm 13\%$ 以下の制御性でセルを作製できるため実際の作成プロセスに十分適応できる。

【0101】次に、上述の構成を有する液晶表示素子の製造方法の例を説明する。支持基板1aおよび透明基盤1bとして厚みが1.1mmの7059ガラス基板（コーニンググラスワークス社製）を使用し、ガラス基板1a上に反射電極2aとしてのアルミをスパッタ法によって形成した。ガラス基板1a上には微細な凹凸（図示せず）が形成されている。この凹凸は周知のサンドブラスト法やポリッシング法によって形成した。以上によって光散乱性を有する反射電極2aが作製された。さらに、透明基板1b上に透明電極としてのITO膜3をスパッタ法により形成し電極とした。配向層3aおよび3bはポリイミドSE-150（日産化学社製）をスピンコートにより均一に形成し、焼成後ラビングを施した。ラビング方向は上下の基板1aおよび1b間で240度ねじれた配向が実現できる様に設定した。その後、液晶層4'の間隔を一定に保つために、 $4.5\mu\text{m}$ のグラスファイバースペース（図示せず）を散布し、液晶封止層（図示せず）として $4.8\mu\text{m}$ のグラスファイバースペースを混入した接着性シール材をスクリーン印刷することにより形成し、2つの基板1aおよび1bを張り合わせた。その後、2枚の基板間に、真空脱気により液晶材料を注入し、GH液晶セルを作製した。液晶層4'の間隔は本実施の形態の場合 $4.5\mu\text{m}$ に設定したが、特に制限されるものではなく、十分な光の吸収が得られ、実用的な応答速度が得られる厚さであれば良く、通常は $2\sim 15\mu\text{m}$ 程度が良い。

【0102】GH液晶材料は以下のようにして調整した。用いた液晶材料はフッ素系の混合液晶材料であり、このホスト液晶材料に数種類のアゾ系およびアントラキノン系の黒色の多色性染料を数wt%混入し、白黒表示ができるように色相を調節した。さらに、液晶層に自発的なねじれを与えるため光学活性物質のS-811（メ

ルク社製）を数wt%混入し、自発ピッチ $p$ とセル厚 $d$ の比 $d/p$ がほぼ0.5になるように調整した。

【0103】この様にして作製した反射型液晶表示素子は、コントラスト6で明るく階調表示可能であった。本実施の形態では能動素子を形成していない基板を支持基板として用いたが、本実施の形態をTFTやMIM等の能動素子と組み合わせることで大容量表示が行えることは明らかである。さらに、本実施例では白黒表示のみについて行ったが、公知のマイクロカラーフィルターと組み合わせることで、カラー表示が行えることも明らかである。

【0104】以上のように本発明の液晶表示素子によれば、明るくコントラストの良い反射型液晶表示素子が実現できる。また、反射型GH液晶表示素子において、最適な明るさとコントラストを得るためのプレチルト角とねじれ角との範囲を明らかにしたことで、設計の自由度も増し、設計が簡便に行えるようになった。

【0105】第1～第5の実施の形態で説明した液晶分子のねじれ角の範囲は、反射型液晶表示素子に最適なねじれ角の範囲である。

【0106】透過型液晶表示装置において好ましいコントラストをもたらすように最適化されたねじれ角や複屈折率等の数値を単に半分にしただけでは、反射型液晶表示装置に最適な数値となるとは限らない。なぜなら、反射型液晶表示装置では、反射板において液晶分子のねじれ配向の対称面が存在するからである。ねじれ配向の対称面が存在するので、入射光と反射光とに対する液晶層の旋光性が異なる。透過型液晶表示素子では、ねじれ配向の対称面が存在しないので、反射型液晶表示素子と透過型液晶表示素子とでは、光の経路に対する液晶層の影響が異なる。上述の実施の形態で説明した好ましいコントラストを与えるねじれ角の値の範囲は、これらの影響を考慮した上で導かれた範囲である。

【0107】

【発明の効果】本発明によれば、正の誘電率異方性を有するカイラルネマティック液晶層のねじれ角が、0度以上50度以下の範囲、140度以上250度以下の範囲、およびこれらの範囲の値に $\pi$ ラジアン整数倍を加えた範囲内に決定されているため、同じ印加電圧でも、明るく光の利用効率の良い液晶表示素子が提供される。

【0108】さらに、前記液晶層を透過してきた光を反射する光反射板を前記液晶セルの外部に備えることにより、外部光源の光を効率よく利用することができ、低消費電力で明るい表示が得られる。

【0109】また、カイラルネマティック液晶層の液晶分子のプレチルト角が1度以上20度以下であるので、ストライプドメインが発生しない良好な表示を提供する液晶表示素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における液晶表示素

子の構成を示す断面図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図4】本発明の第4の実施の形態における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図5】(a)～(f)は、本発明の第3の実施の形態における光反射電極の作製方法を示す工程断面図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態において光反射電極を作製するときのフォトリソグラフィ工程に用いる遮光パターンを示す図である。

【図7】(a)～(e)は、本発明の第4の実施の形態における薄膜ダイオードの作製方法を示す工程断面図である。

【図8】(a)および(b)は、本発明の第4の実施の形態における別の液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図9】第1の実施の形態の液晶表示素子における反射率のねじれ角依存性を示すグラフである。

【図10】GH型液晶表示素子において、液晶のねじれ角を変化させたときの電圧印加時の反射率の変化を示すグラフである。

【図11】240度ねじれのGH型液晶表示素子におけるコントラストの $\Delta n$ 依存性を示すグラフである。

【図12】スプレイの弾性定数 $k_{11}$ をパラメーターとしたときの反射率の印加電圧依存性を示すグラフである。

る。

【図13】ベンドとスプレイとの弾性定数の比 $k_{33}/k_{11}$ をパラメーターとしたときの反射率の印加電圧依存性を示すグラフである。

【図14】液晶層の容量の印加電圧依存性を示すグラフ。

【図15】(a)は、電圧印加時での反射率のプレチルト角依存性を示すグラフ。(b)は、電圧無印加時での反射率のプレチルト角依存性を示すグラフ。

【図16】電圧無印加時の基板間のチルト角の分布を示すグラフである。(a)は、プレチルト角が5度の場合のグラフ。(b)は、プレチルト角が40度の場合のグラフ。

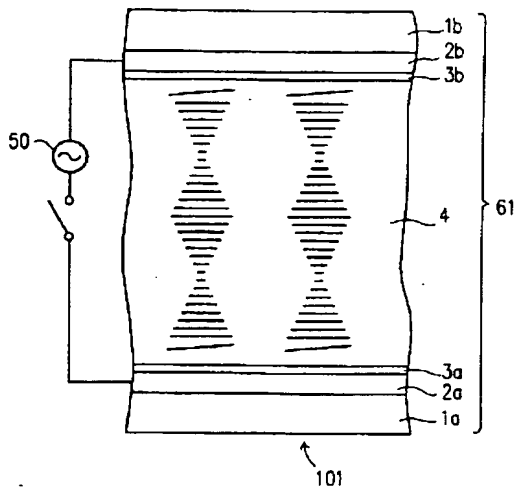
【図17】コントラストのプレチルト角依存性を示すグラフ。

【図18】本発明の第5の実施の形態における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

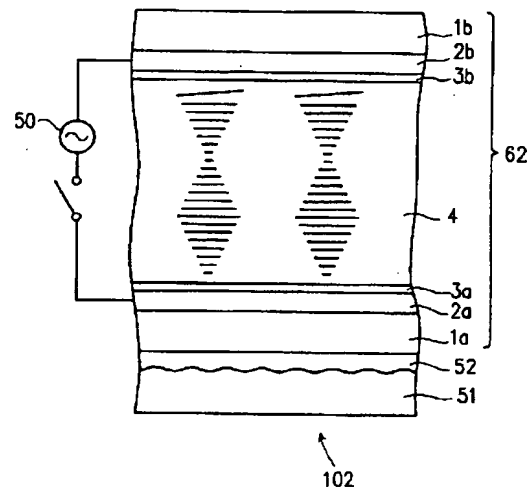
【符号の説明】

- 1 a、1 b 基板
- 2 a、2 b 透明電極
- 3 a、3 b 配向膜
- 4 液晶層
- 5 a、5 b 光反射電極
- 6、7、8 感光性樹脂層
- 9 金属反射膜
- 12 薄膜ダイオード
- 50 変調制御手段
- 61、62、63、64、65 液晶セル

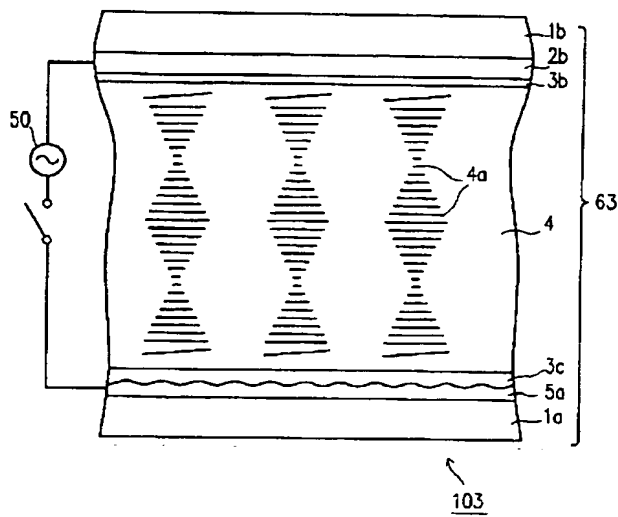
【図1】



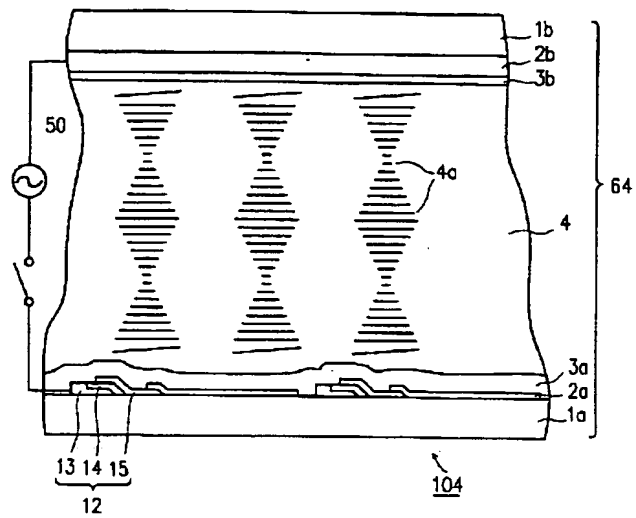
【図2】



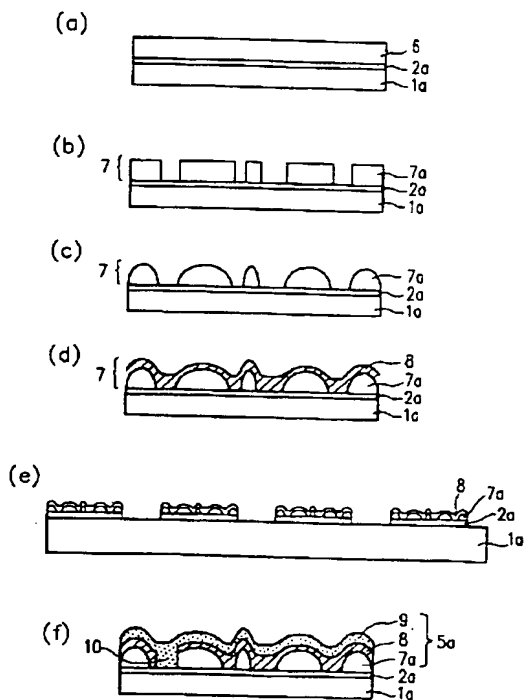
【図3】



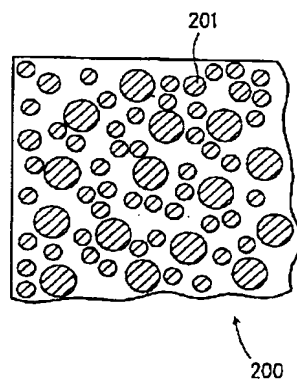
【図4】



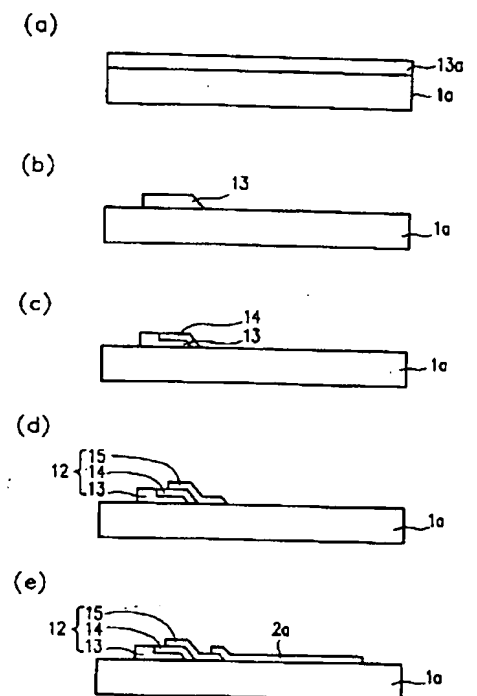
【図5】



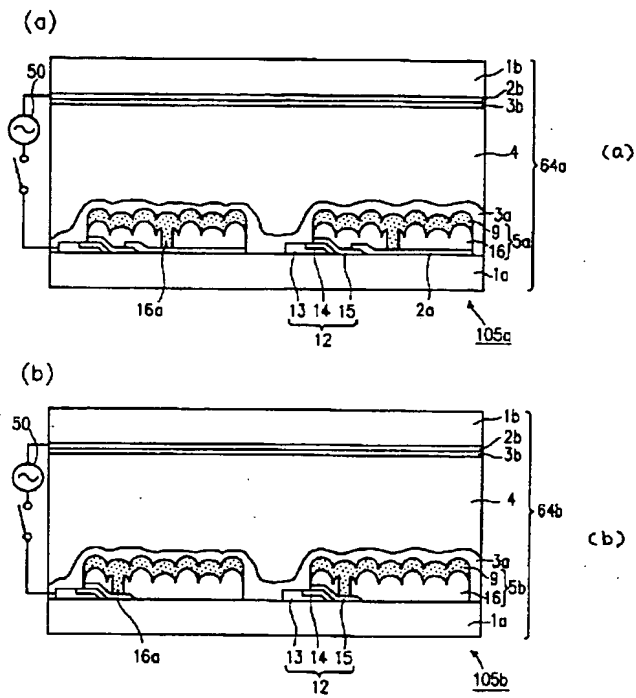
【図6】



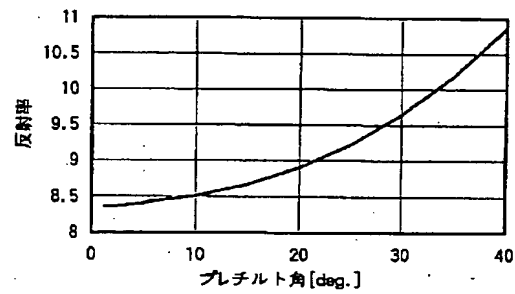
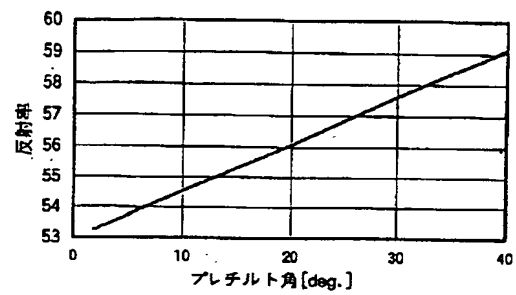
【図7】



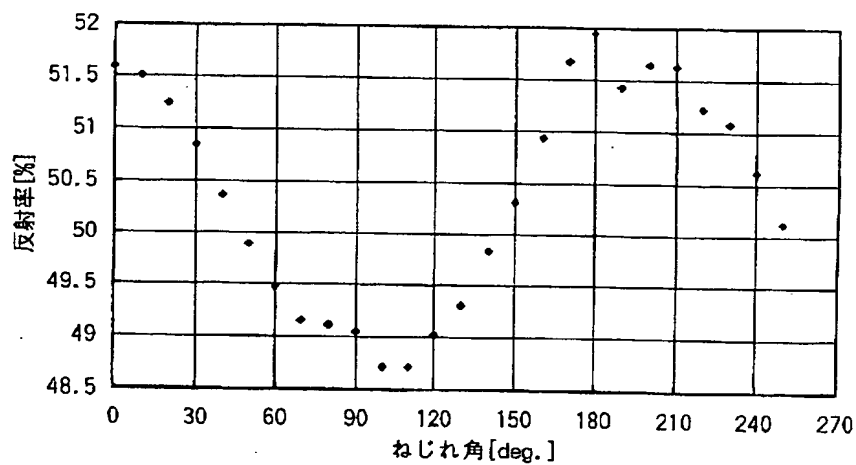
【図8】



【図15】

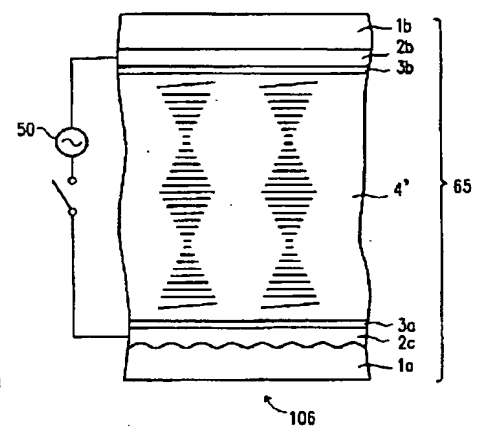


【図9】

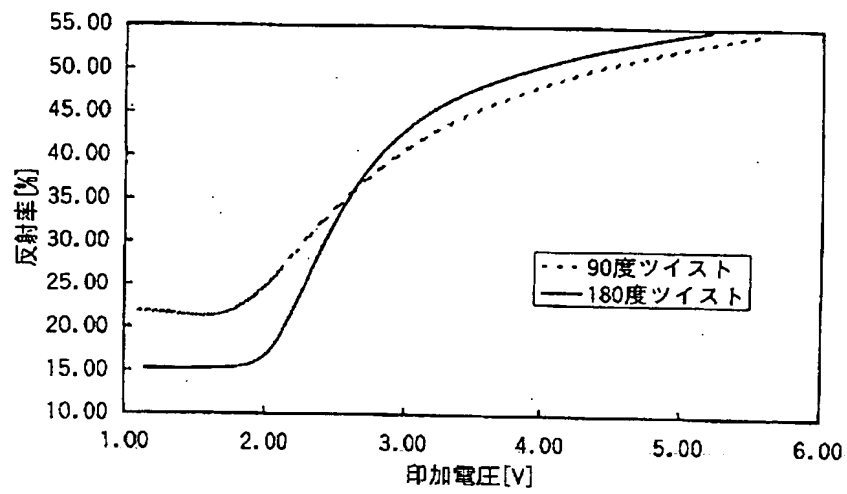


反射率のねじれ角依存性

【図18】

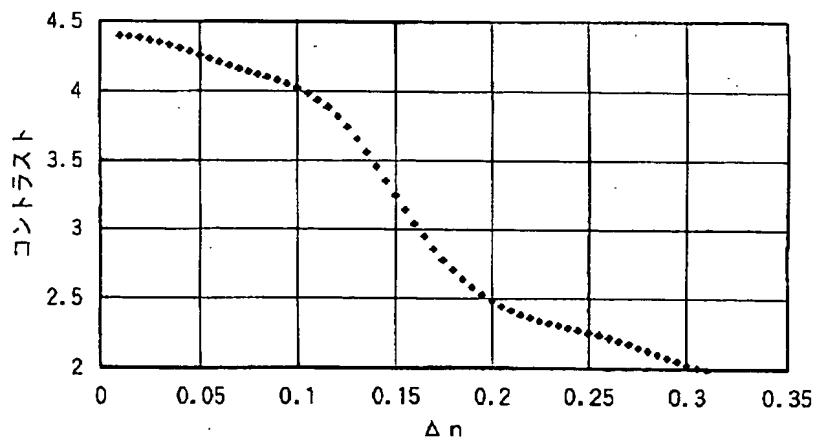


【図10】



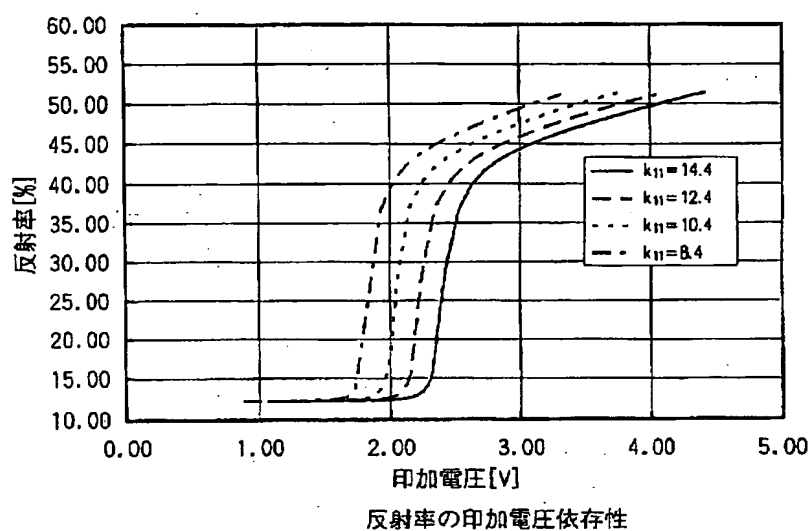
反射率の印加電圧依存性

【図11】

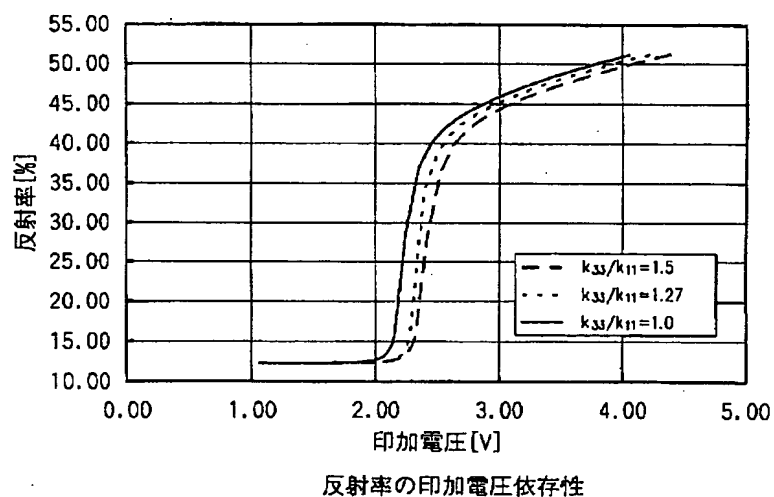
コントラストの $\Delta n$ 依存性



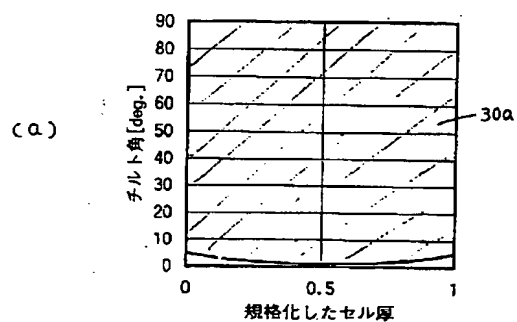
【図12】



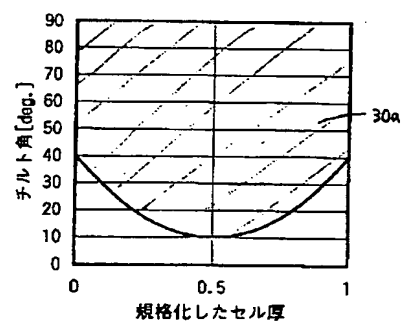
【図13】



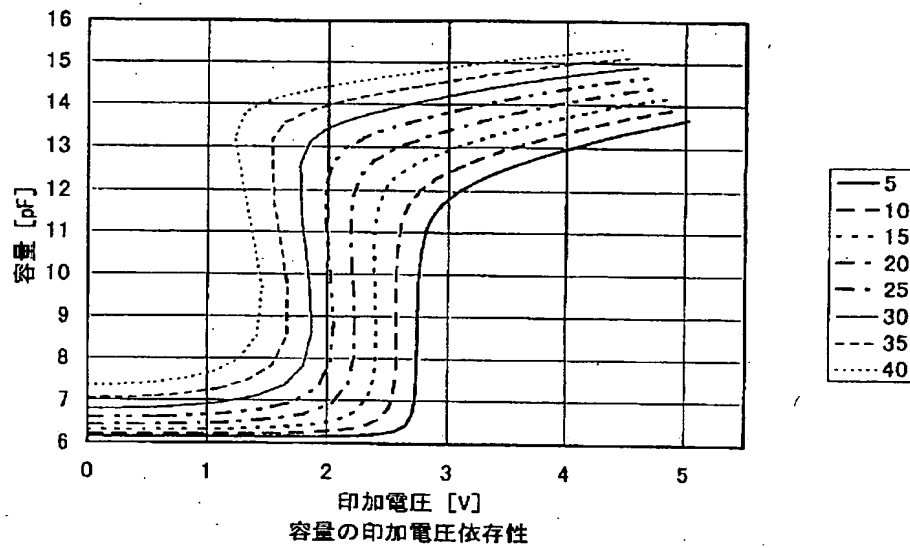
【図16】



(b)



【図14】



【図17】

